

硬件描述语言 灾集器早

(第四版)

Donald E. Thomas, Philip R. Moorby 著
刘明业摇蒋敬旗摇刁岚松摇等译

清华大学出版社

KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS

前摇摇言

灾灾语言是一种在广泛的抽象层次设定说明数字系统的硬件描述语言。这种语言支持早期的行为级抽象设计概念,以及后期结构级抽象设计的实现。它包括层次式结构,从而允许设计人员控制描述的复杂度。

灾灾最初于 员愿年至 员愿年之间的冬季被设计为一种专用的验证模拟工具。后来,基于这种语言又开发了其他几种专用分析工具,包括故障模拟器和时序分析器。最近,灾灾也为逻辑综合工具和行为综合工具提供了输入规范。灾灾语言有助于提供这些工具的一致性。现在,这种语言已标准化为 陈陈陈陈陈陈标准,并且广泛用于多种工具。本书介绍灾灾语言,为该语言的初学者和高级用户提供素材。

有时很难将该语言和模拟工具分离开,原因是该语言的动态特性是由模拟器的工作方式确定的。而且,将它和综合工具分离开也是困难的,因为它的语义是由综合工具所允许的输入规范以及所产生的实现来限定的。我们尽可能避开专用模拟器和专用综合器的细节而集中考虑设计的规范。但是,书中包含的内容足以写出可以工作的可执行模型。

本书采用辅导的方法来介绍灾灾语言。首先我们从辅导入门开始,通过举例介绍灾灾语言的主要特点和进行系统描述的一般方式。接着详细介绍该语言结构,给出大量的示例,使读者通过这些示例可以更容易地学习和复习。最后,在附录中给出灾灾语言的形式化描述。总之,我们的方法是通过研讨举例和做练习题来提供一种学习方式。

我们还给出一些练习题供阅读时思考,并建议读者尽可能早地借助灾灾模拟器来试试这些练习题。如果你有自己的设计,也可以进行彻底检验。书中所举的例题以电子信号的形式存储在密封的 悦悦上。另外,还可参阅 课课课课课课课课课课课课课课课课悦悦上还包括一个模拟器和一个逻辑综合工具,模拟器所处理的描述规模有限,综合工具给出一个时间不很长的综合演示。

本书的大部分内容假定读者具备初步的逻辑设计和软件编程知识。因此,本书适合于进行集成电路设计的工程师、研究生及电子或计算机工程专业的学生。辅导入门中的内容适于作为逻辑设计的入门课程。它首先介绍结构化组合电路,接着介绍更复杂的可综合的组合电路和时序电路,最后介绍周期准确的系统规范。附录中嵌入辅导入门的内容,给出所讨论的一般错误及辅导入门中要解决的练习题。本书也适合作为高层次逻辑设计、集成电路设计、计算机体系结构及计算机辅助设计(悦悦)课程的参考教材。本书为设计课程介绍了覆盖该语言的全部内容,为悦悦课程介绍了模拟器是怎样工作的。

本书共有十章和七个附录。第 员章是灾灾语言的辅导入门。第 圆章和第 猿章讨

论该语言的行为建模方式。第 源章为逻辑级建模。第 缘章包括定时驱动模拟和事件驱动模拟的高级课题。第 远章和第 苑章介绍语言在综合中的应用。第 愿章和第 怨章讲述更高级的课题 :用户自定义的基元和开关级建模。第 员章推荐两个可以用作大学教学使用的灾难工程。附录 粤为初学者介绍了辅导入门的内容 ,附录的其他部分是出现在语言手册中更枯燥的问题 ,读者可根据自己的需要选择阅读。

祝愿您在设计大型系统时获得乐趣。

您永远的朋友

闵建群 译 援 魏 霖 译 马 磊 译 邓 云 译 曾

目 录

第 1 章 灾难语言入门辅导	1
1.1 开始	1
1.1.1 结构描述	1
1.1.2 模拟 灾难语言驱动源	2
1.1.3 为模块建立端口	2
1.1.4 为模块建立测试台	2
1.2 组合电路的行为建模	2
1.2.1 过程模型	2
1.2.2 综合组合电路的规则	2
1.3 时钟时序电路的行为建模	2
1.3.1 建立有限状态机模型	2
1.3.2 综合时序系统的规则	2
1.3.3 非阻塞赋值(“约”)	2
1.4 模块的层次	2
1.4.1 计数器	2
1.4.2 系统时钟	2
1.4.3 将整个电路结合在一起	2
1.4.4 将行为模块和结构模块连接在一起	2
1.5 有限状态机和数据通道	2
1.5.1 简单计算示例	2
1.5.2 系统的数据通道	2
1.5.3 数据通道功能模块的细节	2
1.5.4 用连线将数据通道连在一起	2
1.5.5 云说明	2
1.6 周期精确的行为描述	2
1.6.1 规范方法	2
1.6.2 几点注释	2
1.7 赋值语句的总结	2
1.8 小结	2

员魁摇练习	猿
第 圆章摇行为建模	猿
圆猿摇进程模型	猿
圆猿摇限制条件定义	源
圆猿摇藻藻藻如何与 蚤语句配对	源
圆猿摇条件操作符	源
圆猿摇循环语句	源
圆猿摇四种基本循环语句	源
圆猿摇循环的异常退出	源
圆猿摇多分支语句	缘
圆猿摇藻藻藻	缘
圆猿摇藻藻藻	缘
圆猿摇藻藻藻和 藻藻藻的比较	缘
圆猿摇藻藻藻和 藻藻藻	缘
圆猿摇函数和任务	缘
圆猿摇任务	缘
圆猿摇函数	缘
圆猿摇结构视域	远
圆猿摇作用域规则和层次名	远
圆猿摇作用域规则	远
圆猿摇层次名	远
圆猿摇小结	远
圆猿摇练习	远
第 猿章摇并发进程	怨
猿猿摇并发进程	怨
猿猿摇事件	怨
猿猿摇事件控制语句	怨
猿猿摇有名事件	怨
猿猿摇等待语句	怨
猿猿摇一个完整的生产者和消费者握手示例	怨
猿猿摇宰藻藻语句和 宰藻藻语句的对比	怨
猿猿摇宰藻藻语句和事件控制语句的比较	愿

猿猿猿猿并发进程示例	猿猿
猿猿猿猿简单流水线处理器	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿基本处理器	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿流水线之间的同步	猿猿
猿猿猿猿有名块的终止	猿猿
猿猿猿猿赋值语句内部控制和定时事件	猿猿
猿猿猿猿过程持续赋值	猿猿
猿猿猿猿顺序模块和并行模块	猿猿
猿猿猿猿练习	猿猿
第 猿章 猿猿逻辑级建模	猿猿
猿猿猿猿引言	猿猿
猿猿猿猿逻辑门与线网	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿用基元逻辑门建模	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿四级逻辑值	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿线网	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿模块例示与端口规范	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿有关逻辑级的一个示例	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿示例数组	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿持续赋值	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿组合电路的行为建模	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿线网与持续赋值语句声明	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿参数化定义	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿行为级 猿猿结构级的混合示例	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿逻辑延迟建模	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿门级建模示例	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿门和线网延迟	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿时间单位的规定	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿最小延迟、典型延迟和最大延迟	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿模块中的延迟路径	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿小结	猿猿
猿猿猿猿猿猿猿猿练习	猿猿

第 缘章 摇高级时序	员圆
缘缘 摇灾灾器时序模型	员圆
缘缘 摇模拟器的基本模型	员缘
缘缘 摇门级模拟	员缘
缘缘 摇更通用的模型	员远
缘缘 摇行为级模型的调度	员愿
缘缘 摇模拟算法的不确定行为	员圆
缘缘 摇临近不确定区	员圆
缘缘 摇灾灾器是一种并发语言	员圆
缘缘 摇非阻塞过程赋值语句	员缘
缘缘 摇阻塞和非阻塞赋值的比较	员缘
缘缘 摇非阻塞赋值的一般用法	员远
缘缘 摇事件驱动调度算法的扩展	员苑
缘缘 摇非阻塞赋值的举例分析	员怨
缘缘 摇小结	员圆
缘缘 摇练习题	员圆
第 远章 摇逻辑综合	员苑
远缘 摇综合概述	员苑
远缘 摇寄存器传输级系统	员苑
远缘 摇限制声明	员愿
远缘 摇使用门和持续赋值的组合逻辑	员愿
远缘 摇用来说明组合逻辑的过程语句	员园
远缘 摇基础	员员
远缘 摇复杂形式——推断出的锁存器	员圆
远缘 摇说明无关项	员源
远缘 摇过程循环结构	员缘
远缘 摇时序元件的推断	员远
远缘 摇锁存器的推断	员远
远缘 摇触发器的推断	员愿
远缘 摇小结	员圆
远缘 摇三态器件的推断	员圆
远缘 摇有限状态机的描述	员员
远缘 摇有限状态机的示例	员员

远愿瑶云云说明的另一种方式.....	愿愿
远愿瑶逻辑综合的总结	愿缘
远愿瑶习题	愿远
第 苑章瑶行为综合.....	愿愿
苑愿瑶行为综合的介绍	愿愿
苑愿瑶周期精确的说明	愿愿
苑愿瑶寄存器解决的输入和输出	愿愿
苑愿瑶寄存器解决的输入和输出关系	愿愿
苑愿瑶复位功能说明.....	愿愿
苑愿瑶米利特摩尔机的说明.....	愿愿
苑愿瑶复杂控制的说明.....	愿缘
苑愿瑶数据与控制路径的折中.....	愿远
苑愿瑶小结	愿愿
第 愿章瑶用户定义的基元.....	愿愿
愿愿瑶组合基元	愿愿
愿愿瑶用户定义基元的基本特征.....	愿愿
愿愿瑶组合逻辑电路的描述.....	愿愿
愿愿瑶时序基元	愿愿
愿愿瑶电平敏感的基元.....	愿愿
愿愿瑶边沿敏感的基元.....	愿缘
愿愿瑶速记表示法	愿愿
愿愿瑶电平敏感与边沿敏感混合的基元	愿愿
愿愿瑶小结	愿愿
愿愿瑶练习	愿愿
第 怨章瑶开关级建模.....	愿愿
怨愿瑶动态 酝杂移位寄存器示例	愿愿
怨愿瑶开关级建模	愿远
怨愿瑶强度建模.....	愿远
怨愿瑶强度的定义.....	愿愿
怨愿瑶使用强度的示例.....	愿愿
怨愿瑶电阻型 酝杂门	愿愿

怨猿瑶二义性强度	猿猿
怨猿瑶二义性强度的说明	猿猿
怨猿瑶基本计算	猿猿
怨猿瑶皂猿猿猿示例	猿猿
怨猿瑶概述	猿猿
怨猿瑶皂猿猿猿的源码	猿猿
怨猿瑶模拟结果	猿猿
怨猿瑶小结	猿猿
怨猿瑶练习	猿猿
第 猿章 瑶工程项目	猿猿
猿猿瑶建立功耗模型	猿猿
猿猿瑶对功耗进行建模	猿猿
猿猿瑶需要做什么	猿猿
猿猿瑶步骤	猿猿
猿猿瑶软盘控制器	猿猿
猿猿瑶介绍	猿猿
猿猿瑶磁盘格式	猿猿
猿猿瑶功能描述	猿猿
猿猿瑶真实设备	猿猿
猿猿瑶你一直想知道的有关 悦悦的各种情况	猿猿
猿猿瑶起支持作用的 灾猿猿猿模块	猿猿
附录 粤瑶学习指南	猿猿
粤瑶结构描述	猿猿
粤瑶测试台模块	猿猿
粤瑶使用 粤猿猿猿的组合电路	猿猿
粤瑶时序电路	猿猿
粤瑶层次化描述	猿猿
粤瑶有限状态机和数据通道	猿猿
粤瑶周期精确描述	猿猿
附录 月瑶词法	猿猿
月瑶空白符和注释	猿猿

月 裁 摇操作符	圆 远
月 裁 摇数字	圆 远
月 裁 摇字符串	圆 苑
月 裁 摇标识符、系统名和关键字	圆 愿
附录 悦 裁 摇灾 裁 录 裁 导 裁 操作符	圆 园
悦 裁 摇操作符表	圆 园
悦 裁 摇操作符优先级	圆 园
悦 裁 摇操作符真值表	圆 猿
悦 裁 摇表达式的位数	圆 猿
附录 阅 裁 摇灾 裁 录 裁 导 裁 门类型	圆 缘
阅 裁 摇逻辑门	圆 缘
阅 裁 摇月 裁 法和 晕 裁 裁 裁 门	圆 远
阅 裁 摇月 裁 法和 晕 裁 裁 裁 门	圆 远
阅 裁 摇配 裁 杂 裁 门	圆 苑
阅 裁 摇双向门	圆 愿
阅 裁 摇情 裁 杂 裁 门	圆 愿
阅 裁 摇孕 裁 造 裁 责 裁 和 孕 裁 造 裁 责 裁 出 裁 门	圆 愿
附录 耘 裁 摇寄 裁 存 裁 器、存 裁 储 裁 器、整 裁 数 裁 和 裁 时 裁 间	圆 怨
耘 裁 摇寄 裁 存 裁 器	圆 怨
耘 裁 摇存 裁 储 裁 器	圆 园
耘 裁 摇整 裁 数 裁 和 裁 时 裁 间	圆 园
附录 云 裁 摇系 裁 统 裁 任 裁 务 裁 和 裁 函 裁 数	圆 园
云 裁 摇阅 裁 器 裁 管 裁 和 宰 裁 则 裁 任 裁 务	圆 园
云 裁 摇持 裁 续 裁 监 裁 视	圆 猿
云 裁 摇选 裁 通 裁 监 裁 视	圆 猿
云 裁 摇文 裁 件 裁 输 裁 出	圆 猿
云 裁 摇模 裁 拟 裁 时 裁 间	圆 源
云 裁 摇停 裁 止 裁 和 裁 完 裁 成	圆 源
云 裁 摇随 裁 机 裁 函 裁 数	圆 缘
云 裁 摇从 裁 磁 裁 盘 裁 文 裁 件 裁 读 裁 数 裁 据	圆 缘

附录 则瑶形式化语法定义	圆远
则瑶形式化语法规范指南	圆远
则瑶源文本	圆园
则瑶声明	圆员
则瑶基元示例	圆装
则瑶模块例示	圆源
则瑶哉字的声明和例示	圆缘
则瑶行为语句	圆远
则瑶杂俎部分	圆愿
则瑶表达式	猿员
则瑶通用说明	猿原

第 1 章 灾难语言入门辅导

数字系统是非常复杂的。从最基本的层次来看,如果我们把一个系统看作逻辑门或传输晶体管的集合,它们可能由数以百万计的元件组成。从更抽象的层次来看,这些元件可以组成一些功能部件,如高速缓存、浮点部件、信号处理器或实时控制器等。硬件描述语言已经发展起来,用来辅助设计具有大量元件、从电路级到逻辑抽象级诸多层次的系统。

数字系统的设计过程是先建立逻辑系统设计的概念、最终实现必须满足的一组约束以及建立系统的一组基本元件。设计是一个先用手工做或者先用自动综合、然后再根据给出的约束进行测试的迭代过程。一个设计一般可划分为许多更小的部分(根据众所周知的分治工程方法),而各部分可以再划分,直到整个设计用已知的基本元件说明为止。

灾难语言为数字系统设计人员提供了一种在广泛的抽象层次上描述数字系统的方式,同时,在这些层次上为计算机辅助设计工具在工程设计中进行辅助设计提供了方法。该语言支持早期的行为结构设计概念,以及其后层次化结构设计的实现。在设计过程中,进行逻辑结构设计部分时可以将行为结构和层次化结构混合起来。为确认正确性可以将描述进行模拟,也有一些用于自动设计的综合工具。灾难语言为设计者进行大型复杂的数字系统设计提供了途径。本章概括介绍了灾难语言的基本特点。

1.1 灾难开始

灾难语言将一个数字系统描述为一组模块。每个模块与其他模块及其本身的描述内容都有一个接口。一个模块代表一个逻辑单元,可以通过规定其内部逻辑结构来进行描述——例如描述实际的逻辑门,或者通过用像程序一样的方式来描述它的行为——在这种情况下主要考虑模块所完成的功能而不是其逻辑实现。然后将这些模块互连起来,使它们能够互相通信。

1.2 灾难结构描述

首先介绍初级逻辑设计过程中的一个基本逻辑电路:一个二进制七段显示驱动源,如例 1.1 所示。显示驱动源具有一个源位二进制输入,驱动七个段显示数字 0 至 9 及十六进制数 A 到 F。本例中所示的只是驱动 0 段的逻辑。

例 1.1 灾难语言二进制七段显示驱动源(仅仅 0 段)

模块名紧跟模块名后;

摇 憎 摇 摇 藻 藻 早, 赧, 赧, 赧, 赧;

摇 赧 摇 摇 摇 月, 悦, 阅;

摇 燥 燥 赧

摇 摇 摇 早 (赧, 悦, ~ 阅),

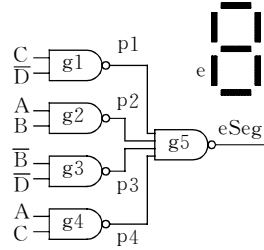
摇 摇 摇 早 (赧, 粤, 月),

摇 摇 摇 早 (赧, ~ 月, ~ 阅),

摇 摇 摇 早 (赧, 粤, 悦),

摇 摇 摇 早 (藻 藻 早, 赧, 赧, 赧, 赧);

藻 藻 早



例 员 中 也 给 出 了 这 个 电 路 的 灾 藻 藻 早 描 述。描 述 表 示 的 是 一 个 模 块 的 基 本 定 义，模 块 名 为 遭 藻 藻 早。每 个 模 块 定 义 包 括 关 键 字 皂 紧 随 其 后 的 模 块 名，以 及 最 后 的 藻 藻 早 语 句。描 述 中 的 第 二 行 规 定 在 这 个 模 块 的 子 模 块 间 传 送 逻 辑 值 的 憎 的 名 称。第 三 行 说 明 保 持 逻 辑 值 的 存 储 单 元 名 称。这 些 寄 存 器 是 触 发 器 电 路 元 件 的 一 个 抽 象。

第 缘 行 及 随 后 的 第 远 行 到 第 员 行 示 例 化 (蚤 藻 藻 早) 了 缘 个 与 非 门，每 个 与 非 门 有 一 个 单 位 时 间 的 延 迟。与 非 门 是 语 言 中 的 一 个 预 定 义 逻 辑 门 类 型，其 他 类 型 包 括 粤 阅 韵 砸 及 赧 砸，后 边 会 有 详 细 介 绍。这 个 语 句 规 定 电 路 中 的 缘 个 门，称 作 早 到 早 燥。'赧' 表 示 每 个 门 都 有 一 个 单 位 时 间 的 延 迟。最 后，括 号 内 的 符 号 表 示 连 接 这 些 门 的 连 线 和 寄 存 器。括 号 内 的 第 一 个 符 号 是 门 的 输 出，其 他 符 号 是 输 入。藻 的 运 算 符 (" ~ ") 用 来 规 定 连 接 到 输 入 端 逻 辑 值 的 补 码。为 进 一 步 说 明 逻 辑 图 和 与 之 等 效 的 灾 藻 藻 早 描 述 之 间 的 一 致 性，原 理 图 中 包 括 连 线、寄 存 器 及 示 例 名 称。

尽 管 这 个 示 例 简 单，但 它 列 举 出 灾 藻 藻 早 语 言 的 几 个 要 点。首 先 是 模 块 定 义 与 模 块 例 示 的 概 念。使 用 模 块 语 句，如 上 例 所 示，一 旦 规 定 了 所 有 的 内 部 细 节 就 定 义 了 一 个 模 块。而 后 这 个 模 块 可 以 在 设 计 中 多 次 使 用 (例 示)。每 个 例 示 称 为 模 块 的 一 个 示 例，可 以 分 别 命 名 和 连 接。基 元 门，如 与 非 门，是 语 言 提 供 的 预 定 义 逻 辑 基 元。第 源 章 内 有 更 详 细 的 介 绍。

各 种 逻 辑 门 是 由 线 网 (燥) 连 接 起 来 的。线 网 是 语 言 中 两 个 基 本 数 据 类 型 中 的 一 个 (寄 存 器 是 另 外 一 种 数 据 类 型)，用 来 模 拟 像 门 这 样 的 结 构 化 实 体 间 的 连 接。连 线 (憎) 是 燥 的 一 种 类 型，其 他 类 型 包 括 憎 粤 阅 韵 砸 连 接、憎 粤 阅 韵 砸 连 接 及 燥 早 连 接。不 同 的 燥 类 型 分 别 在 第 源 章 和 第 怨 章 中 有 更 详 细 的 描 述。

我 们 知 道 多 个 逻 辑 门 以 层 次 化 方 式 可 以 构 成 更 大 的 模 块。在 本 例 中，用 与 非 门 来 构 造 遭 藻 藻 早 模 块。如 果 这 个 遭 藻 藻 早 模 块 有 输 入 输 出 端 口，通 过 将 它 例 示 成 另 一 个 模 块 就 可 以 作 为 更 大 模 块 中 的 一 部 分，依 此 类 推。通 过 将 设 计 划 分 为 更 小 更 有 意 义

